

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-152907

(43)Date of publication of application : 16.06.1995

(51)Int.Cl.

G06T 3/40
G06T 5/20
G09G 5/36
H04N 1/393

(21)Application number : 05-297171

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 29.11.1993

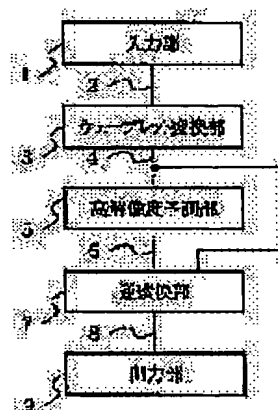
(72)Inventor : ISHIDERA EIKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR ENLARGING IMAGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an enlarged image without making the play and blur of its edge conspicuous by performing orthogonal wavelet conversion for an image signal, finding wavelet components of high order on the basis of the correlation among the components, and compensating high-order resolution components.

CONSTITUTION: An input part 1 inputs and converts a continuous image signal into image data and stores the data, a wavelet conversion part 3 performs the orthogonal wavelet conversion for the image data sent from the input part 1 through a data bus 2 and outputs the wavelet components and image data, and a high-resolution prediction part 5 which predicts (n)th order wave components by using the wavelet components sent from the wavelet conversion part 3 through a data bus 4; an the wavelet component of (n)th order sent from the high-resolution prediction part 5 through a data bus 6 and the image data sent through the data bus 4 are inverse transformed to generate the enlarged image of scale resolution of (n-1)th order.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 1 5 2 9 0 7

(43) 公開日 平成7年(1995)6月16日

(51) Int. Cl. ^e	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T	3/40			
	5/20			
G 0 9 G	5/36	9471-5 G		
		8420-5 L	G 0 6 F	15/66 3 5 5 A
		9191-5 L		15/68 4 0 0 A
審査請求	有	請求項の数 4	O L	(全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-297171

(22) 出願日 平成5年(1993)11月29日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 石寺 永記

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

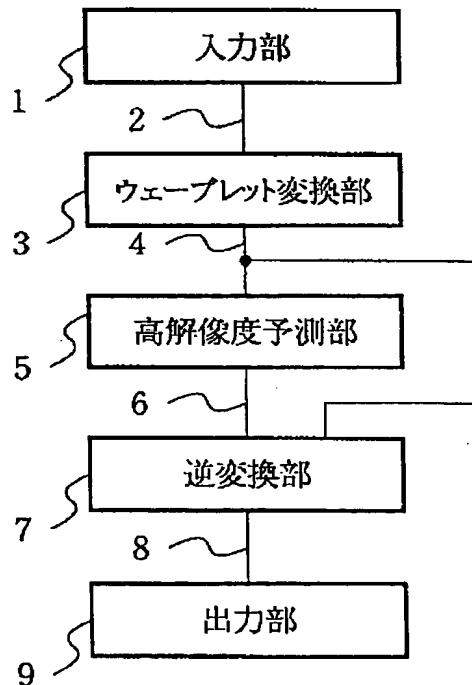
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 画像拡大方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 画像を拡大するとき、解像度を補償し、エッジがボケたりガタツキが目立たない画像の拡大方法及び装置の提供。

【構成】 スケール解像度次数 n の入力画像信号を直交ウェーブレット変換し、スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$ におけるそれぞれのウェーブレット成分を出力する手段と、スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$ のウェーブレット成分間の相関に基づいて、スケール解像度次数 n におけるウェーブレット成分を予測し、出力する手段と、スケール解像度次数 n におけるウェーブレット成分と前記入力画像信号とを逆変換し、スケール解像度次数 $n-1$ に拡大画像信号を得る。拡大画像を可視化する装置に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スケール解像度次数 n の入力画像信号を直交ウェーブレット変換し、スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$, $n+2$ におけるそれぞれのウェーブレット成分を算出する手段と、

前記スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$, $n+3$ のウェーブレット成分から、スケール解像度次数 n におけるウェーブレット成分を予測する手段と、

前記スケール解像度次数 n におけるウェーブレット成分と前記入力画像信号とを逆変換し、スケール解像度次数 $n-1$ における拡大画像を生成する手段と、
を含むことを特徴とする画像拡大方法及び装置。

【請求項 2】 前記直交ウェーブレット変換は、ハール (Haar) 基底であることを特徴とする請求項 1 記載の画像拡大方法及び装置。

【請求項 3】 前記ウェーブレット成分を予測する手段が、 $n+1$ 次、 $n+2$ 次、 $n+3$ 次のウェーブレット成分から各成分間の相関を用いて予測する手段を含むことを特徴とする請求項 1 記載の画像拡大方法及び装置。

【請求項 4】 前記ウェーブレット成分を予測する手段が、前記入力画像から得られる最も細かいスケール解像度のウェーブレット成分を教師データとし、二番目、三

$$\begin{aligned} \text{線形補間} \quad \phi(t) &= 1 - |t| \quad \text{但し} \quad t \leq |1| \\ &= 0 \quad \text{その他} \end{aligned}$$

$$\text{三次補間} \quad \phi(t) = \sin(\pi t) / \pi t$$

上述の線形補間あるいは三次補間の方法で得た拡大信号の細かさ、つまり解像度は、最初に与えられたデジタル信号 $v(t)$ と、あらかじめ決めたフィルタ $\phi(t)$ の持つ解像度で決まり、拡大された画像信号はフ

ィルタ $\phi(t)$ によって平滑化されたものとして得られる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の線形補間や三次補間を行う拡大方法では、最初に与えられたデジタル信号 $v(t)$ と、あらかじめ決めたフィルタ $\phi(t)$ に含まれる解像度成分しか含まれていないことが原因で、拡大した画像のエッジがボケたりガタツキが目立つという問題がある。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、画像を拡大するとき、解像度を補償し、エッジがボケたりガタツキが目立たない画像の拡大を行うことにある。

【0007】このため、この発明は、スケール解像度次数 n の入力画像信号を直交ウェーブレット変換し、スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$, $n+3$ におけるそれぞれのウェーブレット成分を算出する手段と、前記スケール解像度次数 $n+1$, $n+2$, $n+3$ のウェーブレット成分から、スケール解像度次数 n におけるウェーブレット成分を予測する手段と、前記スケール解像度次数 n に

番目に細かいウェーブレット成分を学習データとしてニューラルネットに与え、学習させる手段を含むことを特徴とする請求項 1 記載の画像拡大方法及び装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、画像を拡大して出力する方法及び装置に関し、特にスケール解像度を補償して画像を拡大する画像拡大方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、画像の拡大縮小方法及び装置では、異なる解像度を持つ画像出力装置間での表示及び出力を行うとき、例えば線形補間や三次補間等の補間を行うことにより解像度の補償を行っている。

【0003】これらの方法及び装置は、与えられデジタル信号を $v(t)$ とし、フィルタを $\phi(t)$ とすると、次の式

$$f(t) = \sum v(t) \phi(t)$$

により、一度連続信号に置き換え、この連続した信号をサンプリングして拡大したデジタル信号を得る方法である。このフィルタは次式に表わすことができる。

【0004】

但し三次で近似した関数

におけるウェーブレット成分と前記入力画像信号とを逆変換し、スケール解像度次数 $n-1$ における拡大画像を生成する手段と、を含む。

【0008】

【作用】直交ウェーブレット変換は多重解像度解析と密接な関係にある。多重解像度解析によって得られる階層的構造を持つデータ間には相関が生じる。この相関分を含んだ多重解像度データから互いに相関のない独立な成分を取り出すと、画像信号を直交ウェーブレット変換して得られるウェーブレット展開したときの各成分になる。

【0009】上述の直交ウェーブレット展開に関する参考文献には、「A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation, IEEE Trans Pattern Anal. Machine Intell., Vol. PAMI-11, No 7, 1989」がある。以下、これに従って、ウェーブレット展開について、要旨を述べる。

【0010】先ず、多重解像度空間の定義をする。
【0011】定義 次の性質を有する $L^2(R)$ の閉部分線形空間列 V_n を $L^2(R)$ の多重解像度近似という。
【0012】

$$UV_n \text{ は } L^2(R) \text{ に対して稠密} \quad (1)$$

$$\cap V_n = \{0\} \quad (2)$$

$$f(t) \in V_n \Leftrightarrow f(2t) \in V_{n-1} \quad (3)$$

$$f(t) \in V_0 \Leftrightarrow f(t-j) \in V_0, j \in Z \quad (4)$$

$$V_n \subset V_{n-1}, n \in Z \quad (5)$$

【0013】ここで空間 V_n をハール (H a a r) 基底 * 義する。
を適用する。基本スケーリング関数 $\phi(t)$ を以下で定* 【0014】

$$\begin{aligned} \phi(t) &= 1 \quad \text{if } 0 \leq t < 1 \\ &= 0 \quad \text{otherwise} \end{aligned} \quad (6)$$

そして、 n 次解像度のスケーリング関数を次式で定義す * 【0015】
る。

$$\phi_{n,j}(t) = 2^{-n/2} \phi(2^{-n}t - j) \quad (7)$$

この例ではそれぞれの n に対して、 $\phi_{n,j}$ は正規直交基 $20 \star j$ は次のように定義される。
底になっている。 【0017】

【0016】関数 $f(t)$ の n 次解像度成分 $v(n, \star$

$$v(n, j) = \int dt \phi_{n,j}(t) f(t) \quad (8)$$

このときに $\{\phi_{n,j}\}$ の任意の線形結合が作る関数空間
を n 次解像度空間と呼び、 V_n で表す。図7に画像信
号 $f(t)$ に対する多重解像度空間の $v(n, j)$, v
 $(n+1, j)$, $v(n+2, j)$ と、図8にスケーリ
ング関数の $\phi_{0,0}$, $\phi_{0,2}$, $\phi_{1,2}$ とを例示する。

☆【0020】が成り立つことが分る。

【0021】この関係からスケーリング関数 $\phi_{n,j}$ はフ
ィルタ $h(k)$ を用いて、次のように表わすことができ
る。

【0022】

【0018】図7(b), (c), (d) から

【0019】

30

$$v(n, j) \subset v(n+1, j)$$

☆

$$\phi_{n,j}(t) = \sum h(k-2j) \phi_{n-1,k}(t) \quad (9)$$

両辺の $\phi_{n-1,j}$ との内積をとるとフィルタ $h(k)$ が得
られる。 ◆ 【0023】

$$h(k-2j) = \int dt \phi_{n-1,k}(t) \phi_{n,j}(t) \quad (10)$$

このフィルタ $h(k)$ を用いて、 n 次解像度成分は $(n$ * する。

-1) 次解像度成分から以下のように求めることができ* 【0024】

$$v(n, j) = \sum h(k) v(n-1, 2j+k) \quad (11)$$

n は整数である。また、 $h(k)$ は、 $h(0) = h$

(1) $= 2^{-1/2}$ 、他の $h(k) = 0$ である。

【0025】関数 $\phi_{n,j}(t)$ は信号 $f(t)$ から n 次解像
度データ $v(n, j)$ を直接計算するための関数、また
 $h(k)$ は $v(n, j)$ を一つ細かい解像度レベルの成
分 $v(n-1, j)$ から計算するための離散フィルタ
と考えることができる。

【0026】直交ウェーブレット変換とは、 n 次解像度

では見えないが、より細かい $(n-1)$ 次の解像度で見
ると、初て見える信号の特徴であると考えることができ
る。単純には、直交ウェーブレットは $v(n)$ と $v(n$
 $-1)$ との差なのでバンドパスフィルタと対応する。

【0027】先ず、ウェーブレットを構成するために V
 $n-1$ の中で V_n の直交補空間 W_n を考える。すなわち、

【0028】

$$W_n \perp V_n \quad (12)$$

$$V_{n-1} = V_n + W_n \quad (13)$$

$$f(t) \in W_n \Leftrightarrow f(2t) \in W_{n+1} \quad (14)$$

$$f(t) \in W_0 \Leftrightarrow f(t-j) \in W_0, j \in \mathbb{Z} \quad (15)$$

【0029】ハール基底による多重解像度空間の例で * する。
は、以下で定義する基本ウェーブレット関数 $\phi(t)$ を 【0031】
考える。

【0030】 10

$$\begin{aligned} \phi(t) &= 1 && \text{if } 0 \leq t < 1/2 \\ &= -1 && \text{if } 1/2 \leq t < 1 \\ &= 0 && \text{otherwise} \end{aligned}$$

ウェーブレット基底関数 $\phi_{n,j}(t)$ は以下で与えられ*

$$\phi_{n,j}(t) = 2^{-n/2} \phi(2^{-n}t - j) \quad (17)$$

ウェーブレット成分を $w(n, j)$ とすると、これは以 ※【0032】
下で定義される。

$$w(n, j) = \int dt \phi_{n,j}(t) f(t) \quad (18)$$

図9に画像信号 $f(t)$ に対するウェーブレット空間 W_n
 n におけるウェーブレット成分 $w(n, j)$, $w(n+1, j)$, $w(n+2, j)$ を例示し、図10にウェーブレット基底関数 $\phi_{1,0}$, $\phi_{2,1}$ を例示する。

$$W_n \subset V_{n-1}$$

$$W_n \perp V_n$$

【0033】この場合、 $\phi_{n,j}(t)$ は正規直交基底を成す。

【0037】である。

【0034】また、 $\{\phi_{n,j}\}$ の任意の線形結合が作る関数空間を n 次ウェーブレット空間呼び、 W_n で表す。

【0038】

$$W_n \subset V_{n-1}$$

【0039】の関係からウェーブレット関数はフィルタ $g(k)$ を用いて次のように表わすことができる。

【0035】このとき、

【0040】

【0036】

$$\phi_{n,j}(t) = \sum g(k-2j) \phi_{n-1,k}(t) \quad (19)$$

両辺の $\phi_{n-1,k}$ との内積をとるとフィルタ $g(k)$ が得られる。 ★【0041】

$$g(k-2j) = \int dt \phi_{n-1,k}(t) \phi_{n,j}(t) \quad (20)$$

このフィルタ $g(k)$ を用いて、 n 次ウェーブレット空間のデータは、 $(n-1)$ 次解像度データから以下のよ ☆【0042】

$$w(n, j) = \sum g(k) v(n-1, 2j+k) \quad (21)$$

n は整数である。ここで $g(0) = -g(1) = 2^{-1/2}$ 、他の $g(k) = 0$ である。関数 $\phi_{n,j}(t)$ は信号 $f(t)$ から n 次ウェーブレット空間のデータ $w(n, j)$ を直接計算するための関数である。また、 g ◆40

◆(k) は $w(n, j)$ を一つ細かい解像度レベルのデータ $v(n-1)$ から計算するための離散フィルタと考えることができる。

【0043】さらに、(11) 式と、(21) 式から、

$$v(n, j) = \sum h(k) v(n-1, 2j+k) \quad (11)$$

$$w(n, j) = \sum g(k) v(n-1, 2j+k) \quad (21)$$

によって、

$$\begin{aligned} v(n-1, j) &= \sum (h(2k-j) v(n, k) \\ &\quad + g(2k-j) w(n, k)) \end{aligned} \quad (22)$$

が成り立つ。つまり、 $(n-1)$ 次解像度のデータ $v(n-1, j)$ は、互いに独立な $v(n, j)$ と、 $w(n, j)$ に直和分解できることが分かる。

【0044】

$$V_{n-1} = V_n + W_n \quad (23)$$

直交ウェーブレット変換は、基準解像度レベル (例えば $n=0$) において、 2^n 個のデータ $\{v(0, 1)\}$ が 50 $v(1, j)$, $v(2, j)$, ... を計算することができる

る。同様にフィルタ $g(k)$ を用いて次々に $w(1, j)$, $w(2, j)$, ... も計算することができる。

【0045】次に、画像の拡大縮小を説明する図11を参照すると、与えられた画像を V_n とすると、縮小は V_n から V_{n+1} , V_{n+2} , ... と粗い解像度成分を求めることに相当する。したがって、画像を拡大することは、 V_n から V_{n-1} を求めることである。 V_{n-1} を求めるためには、式23から n 次ウェーブレット成分 W_n が必要である。与えられた画像 V_n の中には n 次のウェーブレット成分 W_n が含まれていないので、これを予測によ

って求めることが必要になる。
【0046】ウェーブレット成分は、図9(b), (c), (d) に例示されているように、スケール間の各成分間の相関を有しているので、この相関を用いて、与えられていない、より細かい解像度の n 次ウェーブレット成分 W_n を予測することができる。この予測には、図12に示されているウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} , ... を入力し、予測ウェーブレット成分 dW_n を求め、 V_n と dW_n とから、ウェーブレット逆変換することによって、拡大画像 V_{n-1} を得ることができ

る。
【0047】上述の予測手段は図13に例示する学習手順によって、 dW_n を求めることができる。

【0048】スケーリング関数 $\phi(t)$ とウェーブレット関数 $\psi(t)$ は直交ウェーブレット変換になるものを用い、高次のウェーブレット成分の予測に用いるウェーブレット成分は複数成分を与える。従来の線形補間や三次補間は、 V_n から V_{n-1} を求めるとき、 n 次のウェーブレット成分を無視する補間方法といえる。

【0049】

【実施例】次に、この発明について図面を参照して説明する。

【0050】この発明の第1の実施例の構成を示す図1を参照すると、連続した画像信号 $f(t)$ を入力して画像データ V_n に変換し、記憶する入力部1と、入力部1からデータベース2を通して送付される画像データ V_n を直交ウェーブレット変換し、ウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} , ... と、前記画像データ V_n を出力するウェーブレット変換部3と、ウェーブレット変換部3からデータベース4を通じて送付されるウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} を用いて、 n 次ウェーブレット成分 W_n を予測する高解像度予測部5と、高解像度予測部5からデータベース6を通じて送付される n 次ウェーブレット成分 W_n とデータベース4を通じて送付される画像データ V_n とを逆変換して拡大された画像信号 V_{n-1} を出力する逆変換部7と、逆変換部7からデータベース8を通じて送付される画像信号 V_{n-1} を可視化する出力部9と、を備える。

【0051】次に、この実施例の動作を図面を参照し、説明する。

【0052】入力部1は、画像信号を取得し、画像信号の画像データ V_n を記憶する。ウェーブレット変換部3の動作の流れを示す図2を参照すると、ウェーブレット変換部3は、データベース2を通じて送付される画像データ V_n を取込む(ステップ21)。画像データ V_n を直交ウェーブレット変換し(ステップ22)、得られたウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} と画像データ V_n を高解像度予測部5にデータベース4を通じて送付する(ステップ23)。高解像度予測部5の動作の流れを示す図3を参照すると、送付されたウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} を取込み(ステップ31)、ウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} の各成分間の相関から、 n 次のウェーブレット成分 W_n を予測し(ステップ32)、予測ウェーブレット成分 dW_n を得て、データベース6を通じ、逆変換部7に送付する(ステップ33)。

【0053】逆変換部7の動作の流れを示す図4を参照すると、高解像度予測部5から送付された画像データ V_n と予測ウェーブレット成分 dW_n を取込み(ステップ41)、画像データ V_n と予測ウェーブレット成分 dW_n を式23に基づいて、逆変換し(ステップ42)、 $n-1$ 次の拡大画像の画像データを出力部9にデータベース8を通じて送付する(ステップ43)。

【0054】出力部9は、 $n-1$ 次の拡大画像の画像データ V_{n-1} をディスプレイ装置あるいはプリンタ装置によって可視化する。

【0055】次に、この発明の第2の実施例について説明する。

【0056】第2の実施例の構成を示す図5を参照すると、連続した画像信号 $f(t)$ を入力して画像データ V_n に変換して、記憶する入力部51と、画像データ V_n をウェーブレット変換し、ウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} , ... と、画像データ V_n を出力するウェーブレット変換部52と、ウェーブレット変換部52からウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} を用いて、 n 次ウェーブレット成分 dW_n を予測する高解像度予測部53と、 n 次ウェーブレット成分の予測値 dW_n の算出を学習によって行う学習部56と、高解像度予測部5から送付される n 次ウェーブレット成分 dW_n と画像データ V_n とを逆変換して拡大された画像信号 V_{n-1} を出力する逆変換部54と、逆変換部54から送付される画像信号 V_{n-1} を可視化する出力部55と、を備える。

【0057】第2の実施例の動作の流れを示す図6を参照すると、高解像度予測部53がウェーブレット成分 W_{n+1} , W_{n+2} , W_{n+3} を取得する(ステップ61)。 n 次ウェーブレット成分の予測値 dW_n を学習によって予測する学習部56は、ニューラルネットワークで構成し、教師信号と学習信号とを高解像度予測部53から取得する(ステップ62)。教師信号にウェーブレット成分 W_{n+1} とし、学習データとして、ウェーブレット成分

W_{n+2} , W_{n+3} を与えて n 次ウェーブレット成分 dW_n を予測し、出力する (ステップ 63)。

【0058】 逆変換部 55 は、 $n-1$ 次の拡大画像信号 V_{n-1} を画像信号 V_n と n 次ウェーブレット成分 dW_n に基づいて、生成し、出力する。

【0059】

【発明の効果】 以上説明したように、この発明の画像拡大方法及び装置では、画像信号を直交ウェーブレット変換し、高次のウェーブレット成分を成分間の相関に基づいて、あるいは学習によって求め、高次解像度成分を補償するので、拡大した画像のエッジがガタツキやボケを目立たないで、拡大画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の第 1 の実施例の構成を示す図である。

【図 2】 図 1 のウェーブレット変換部の動作の流れを示す図である。

【図 3】 図 1 の高解像度予測部の動作の流れを示す図である。

【図 4】 図 1 の逆変換部の動作の流れを示す図である。

【図 5】 この発明の第 2 の実施例の構成を示す図である。

【図 6】 図 5 の高解像度予測部および学習部の動作の流れを示す図である。

【図 7】 子図 (a), (b), (c), (d) のそれぞれは、画像信号 $f(t)$ を示す図、 n 次のスケール解像度の画像信号 $V(n, j)$ を示す図、 $n+1$ 次のスケール

ル解像度の画像信号 $V(n+2, j)$ を示す図、 $n+2$ 次のスケール解像度の画像信号 $V(n+2, j)$ を示す図、である。

【図 8】 スケーリング関数 $\phi_{n,j}$ を例示する図である。

【図 9】 子図 (a), (b), (c), (d) のそれぞれは、画像信号 $f(t)$ を示す図、 n 次のウェーブレット成分 $W(n, j)$ を示す図、 $n+1$ 次のウェーブレット成分 $W(n+1, j)$ を示す図、 $n+2$ 次のウェーブレット成分 $W(n+2, j)$ を示す図、である。

【図 10】 ウェーブレット規程関数 $\phi_{1,0}$, $\phi_{2,1}$ を例示する図、である。

【図 11】 画像の縮小および拡大を説明する図である。

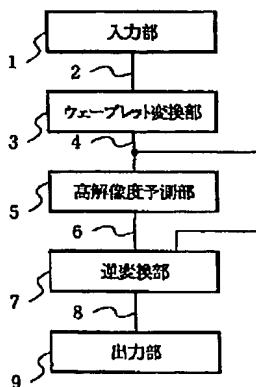
【図 12】 n 次のウェーブレット成分 $W(n, j)$ を相関によって予測する方法を説明する図である。

【図 13】 n 次のウェーブレット成分 $W(n, j)$ を学習によって予測する方法を説明する図である。

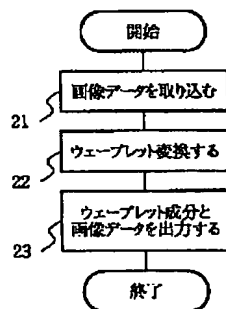
【符号の説明】

- 1 入力部
- 2 データバス
- 3 ウェーブレット変換部
- 4 データバス
- 5 高解像度予測部
- 6 データバス
- 7 逆変換部
- 8 データバス
- 9 出力部

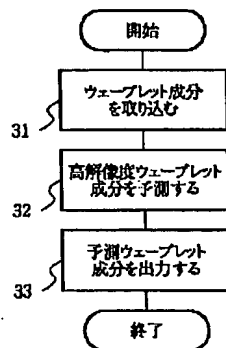
【図 1】



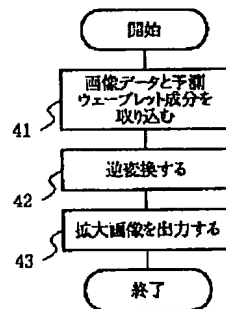
【図 2】



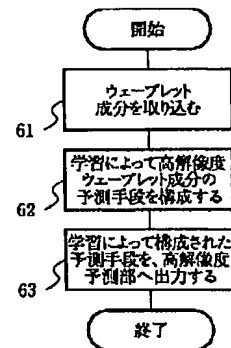
【図 3】



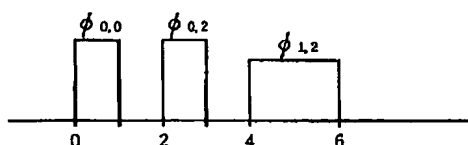
【図 4】



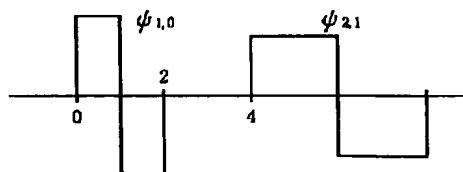
【図 6】



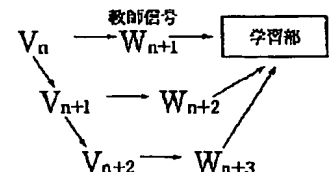
【図 8】



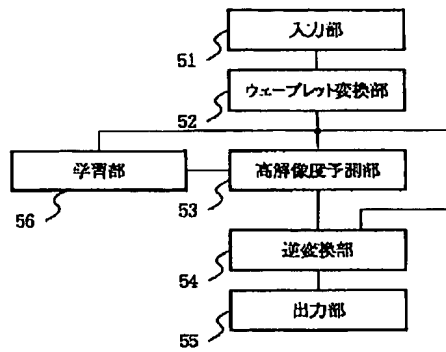
【図 10】



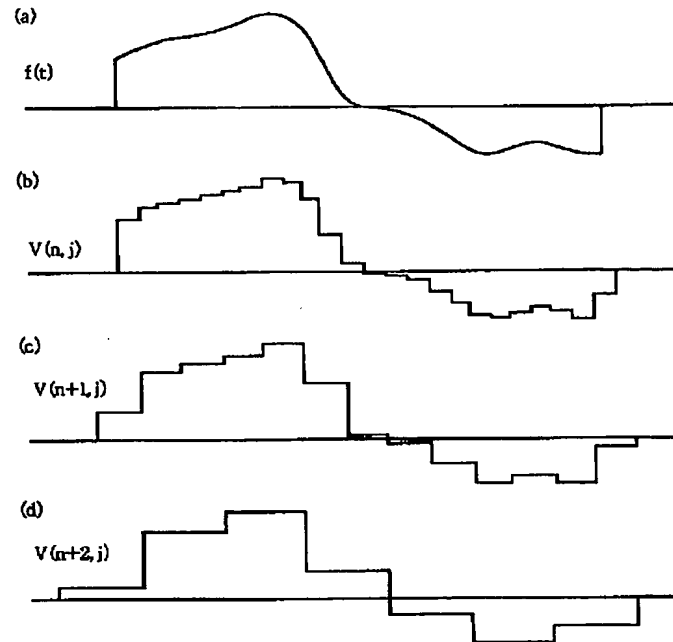
【図 13】



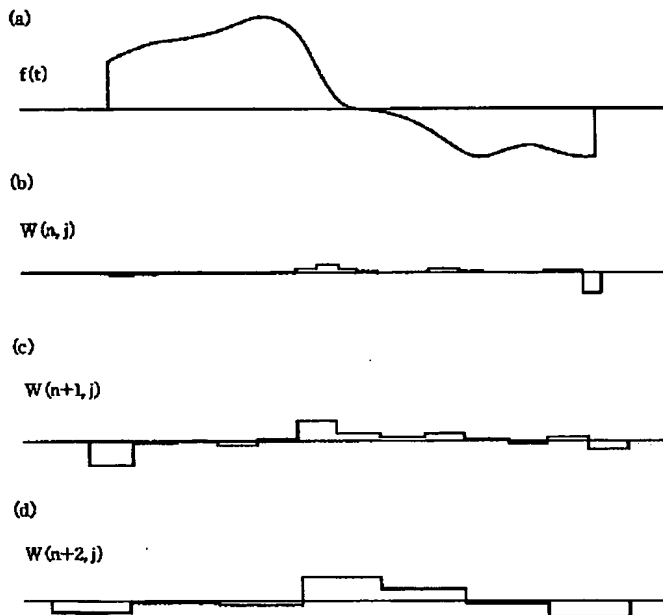
【図 5】



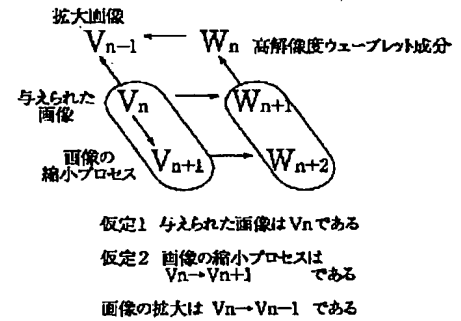
【図 7】



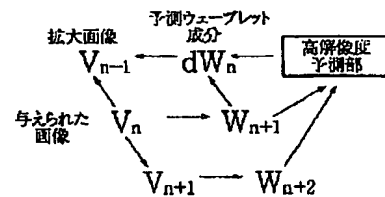
【図 9】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 4 N 1/393

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所